



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 00 221 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**B 62 D 15/02**  
B 62 D 6/00  
B 62 D 5/00  
B 62 D 3/02

②1 Aktenzeichen: 100 00 221.8  
②2 Anmeldetag: 5. 1. 2000  
④3 Offenlegungstag: 12. 7. 2001

DE 100 00 221 A 1

⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

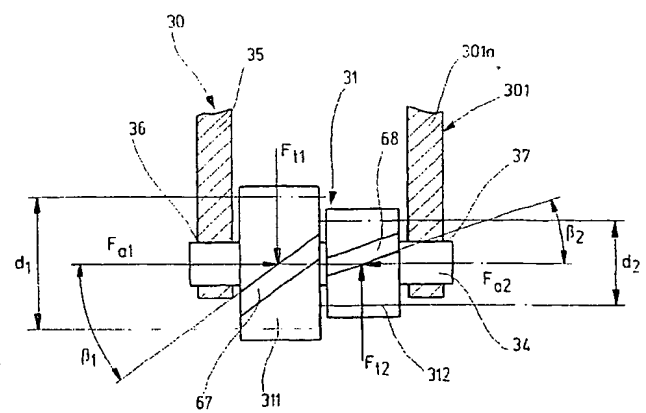
⑦2 Erfinder:  
Reimann, Gerd, 74232 Abstatt, DE; Bock, Michael,  
71679 Asperg, DE; Nagel, Willi, 71691 Freiberg, DE;  
Knecht, Rolf, 71254 Ditzingen, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:  
DE 198 28 213 A1  
DE 197 55 312 A1  
DE 197 23 358 A1  
DE 197 20 255 A1  
DE 38 30 654 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Stellglied für eine Fahrzeug-Lenkvorrichtung

⑤7 Bei einem Stellglied zum überlagerten Lenkeingriff einer Fahrzeug-Lenkvorrichtung mit einem zwei Eingangswellen und eine Ausgangswelle aufweisenden Überlagerungsgetriebe, das ein zweistufiges, modifiziertes Planetengetriebe mit einem Planetenträger (30), mit mindestens einen Stufenplaneten (31), der aus zwei axial fluchtenden, drehfest miteinander verbundenen Planetenrädern (311, 312) besteht und drehbar am Planetenträger (30) gehalten ist, und mit zwei Sonnenrädern aufweist, die mit den Planetenrädern (311, 312) kämmen, sind zur Erzielung einer hohen Geräuscharmheit des Überlagerungsgetriebes die Zähne (67, 68) der Planetenräder (311, 312) und der mit diesen in jeder Getriebestufe kämmenden Sonnenräder geschrägt und die Schrägungswinkel der Zähne (67, 68) in den beiden Getriebestufen so aufeinander abgestimmt sind, daß die von den Sonnenrädern in die Planetenräder (311, 312) eingeleiteten Tangentialkräfte ( $F_{t1}$ ,  $F_{t2}$ ), axiale Kraftkomponente ( $F_{a1}$ ,  $F_{a2}$ ) erzeugen, die sich gegenseitig kompensieren (Fig. 4).



DE 100 00 221 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Stellglied zum überlagerten Lenkeingriff in einer Fahrzeug-Lenkvorrichtung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

Mit solchen Stellgliedern wird der Lenkwinkel der Fahrzeugräder unabhängig vom Lenkradwinkel verändert, wodurch Vorteile hinsichtlich Fahrdynamik, Fahrsicherheit und Fahrkomfort erzielt werden.

Bei einem bekannten Stellglied der eingangs genannten Art (DE 38 30 654 A1) ist das Überlagerungsgetriebe als einstufiges Planetengetriebe mit Planetenträger, Planetenrädern mit den ersten Eingangswelle und das Hohlrad mit der Ausgangswelle jeweils drehfest verbunden ist und der Planetenträger über ein Schneckengetriebe mit der zweiten Eingangswelle in getrieblicher Verbindung steht. Die erste Eingangswelle ist mit dem Handlenkrad und die Ausgangswelle mit den gelenkten Fahrzeugrädern bzw. damit zwangsgeschalteten Lenkgetriebegliedern antriebsverbunden. Das von einem Elektromotor angetriebene Schneckengetriebe ist selbsthemmend ausgebildet. An den Eingangswellen und an der Ausgangswelle sind Sensoren angeordnet, deren Signale die jeweilige Drehstellung der Welle wiedergeben. Die Signale sind einer Regelvorrichtung zugeführt, welche den an der zweiten Eingangswelle angreifenden Elektromotor steuert.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Stellglied mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß das Überlagerungsgetriebe durch die Schrägverzahnung geräuscharm ist. Gleichzeitig wird verhindert, daß es durch die bei Schrägverzahnung unvermeidlich auftretenden Kraftkomponenten in Achsrichtung zu einem stirnseitigen Anlaufen der Stufenplaneten an dem Planetenträger insbesondere bei Drehrichtungsumkehr kommt. Durch die Kompensation der axialen Kraftkomponenten kann die Lagerung der Stufenplaneten auf dem Planetenträger konstruktiv einfach und kostengünstig durch eine einfache Gleitlagerung bewirkt werden.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Anspruch 1 angegebenen Stellglieds möglich.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird bei gleicher Steigungsrichtung der Schrägungswinkel der beiden Getriebestufen der Schrägungswinkel der einen Getriebestufe festgelegt und der Steigungswinkel der anderen Getriebestufe aus der Beziehung

$$F_{t1} \cdot \tan\beta_1 + F_{t2} \cdot \tan\beta_2 = 0$$

berechnet, wobei  $F_{t1}$ ,  $F_{t2}$  die in die beiden Planetenräder des Stufenplaneten eingeleiteten Tangentialkräfte und  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  die Schrägungswinkel in den beiden Getriebestufen sind.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Durchmesser und damit die Zähnezah der Planetenräder der Stufenplaneten so festgelegt, daß eine Übersetzung von der ersten Eingangswelle zur Ausgangswelle ins Langsame erfolgt. Dadurch läßt sich bezüglich einer variablen Lenkübersetzung eine sicherheitsfreundliche Regelstrategie realisieren, indem bei höheren Fahrgeschwindigkeiten eine indirekte Lenkübersetzung angestrebt und bei niedrigerer Fahrgeschwindigkeit eine direktere Lenkübersetzung hergestellt wird. Bei höherer Fahrgeschwindigkeit bleibt der Elektromotor ausgeschaltet und die

Lenkübersetzung ist durch das Planetengetriebe mechanisch vorgegeben, während bei niederen Fahrgeschwindigkeiten, die unkritisch sind, der Elektromotor Lenkbewegungen zustellt.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist zwischen der zweiten Eingangswelle und dem Planetenträger ein selbsthemmend ausgebildetes Schneckengetriebe mit einer drehfest mit der zweiten Eingangswelle verbundenen Schnecke und einem drehfest mit dem Planetenträger verbundenen Schneckenrad angeordnet. Das Durchmesserverhältnis von Schnecke und Schneckenrad liegt aus Gründen der Massenträgheit und des zur Verfügung stehenden Bauraums bei ca. 1, und mit einem Übersetzungsverhältnis des Schneckengetriebes größer ca. 10 läßt sich Selbsthemmung realisieren. Das Übersetzungsverhältnis des Planetengetriebes ist mit ca. 4 gewählt, so daß sich für den Planetenträger in Hinsicht auf Geräusch und Dynamik unkritische Drehzahlen ergeben. Zwischen Elektromotor und Lenkgetriebe ergibt sich damit insgesamt ein Übersetzungsverhältnis von ca. 40, und diese Gesamtübersetzung ist passend für einen gebräuchlichen, preisgünstigen Elektromotor.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der das Schneckenrad tragende Planetenträger über mindestens ein Nadellager auf der Ausgangswelle gelagert. Dieses Nadellager reduziert das bei Durchtrieb von der Eingangswelle und umgekehrt sich der Lenkbewegung entgegenstellende unerwünschte Reibmoment.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung stützt sich die Ausgangswelle an der coaxialen ersten Eingangswelle über ein als Gleitlager ausgebildetes Axiallager ab. Bevorzugt weist dabei das Axiallager eine in der Stirnseite einer der beiden Wellen aufgenommene Kugel und eine an der Stirnseite der anderen Welle angeordnete, punktförmig an der Kugel anliegende Scheibe auf. Die Scheibe wird mittels eines in der Welle verschraubbaren Gewindestifts zugestellt und so das Axialspiel zwischen der Ein- und Ausgangswelle bis auf Null reduziert. Ist axiale Spielfreiheit erreicht, wird dieser Zustand mit Hilfe einer weiteren Schraube gesichert. Durch diese konstruktiven Maßnahmen wird ein einfacher, kostengünstiger Spieelausgleich für Bauteiltoleranzen in axialer Richtung erreicht. Da zwischen Kugel und Scheibe nur Punktberührung besteht, ist das auftretende Reibmoment trotz der preisgünstigen Gleitlagerung sehr gering. Zusätzlicher Bauraum in axialer und radialer Richtung wird nicht benötigt. Bezüglich der Abstimmung des Planetenträgers über das Nadellager und der Wellen untereinander über das Axiallager können erste Eingangswelle und Ausgangswelle getauscht werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung stützt sich die Ausgangswelle über mindestens ein Nadellager auf der Eingangswelle ab, die ihrerseits über ein Kugellager gehäuseseitig abgestützt ist. Nadellager und Kugellager liegen dabei konzentrisch zueinander. Sind zwei Nadellager eingebaut, kann die Eingangswelle begrenzt Querkkräfte und Biegemomente aufnehmen. Die erste Ausgangswelle ist dann die Welle, die lagerungstechnisch die größte Querkraft bzw. das größte Biegemoment aufnehmen kann. Wird dies berücksichtigt, so kann das Stellglied um 180° gedreht eingebaut werden, wodurch Eingangs- und Ausgangswelle in ihrer Funktionszuordnung vertauscht werden. Die Bestimmung der Wellen hängt davon ab, welche Querkraft bzw. welches Biegemoment erwartungsgemäß in die Wellen eingeleitet wird. Das Stellglied kann dabei sowohl in der Lenksäule als auch im Lenkgetriebe integriert werden, so daß sich mit dem erfindungsgemäßen Stellglied alle auftretenden Belastungsfälle sowohl in der Lenksäule als auch im Lenkgetriebe abdecken lassen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der mindestens eine Stufenplanet drehbar auf einer Achse gelagert, deren beide Enden in jeweils einer im Planetenträger angeordneten Lagerstellen aufgenommen sind. Die beiden Lagerstellen der Achse sind auf dem freien Ende je eines Biegearms angeordnet, dessen anderes Ende mit einer auf die mit dem Stufenplaneten kämmenden Sonnenräder hin gerichteten Vorspannung federelastisch am Planetenträger festgelegt ist. Am Planetenträger ist ein eine von den kämmenden Sonnenrädern weggerichtete Bewegung des Biegearms begrenzender Anschlag angeordnet, der eine Zentrierabschmimmung mit zwei schrägen Seitenflanken aufweist, an denen das abgerundete freie Ende des Biegearms linienförmig anliegt. Durch diese federnde Ausbildung des Planetenträgers wird eine radiale Spielfreiheit des Planetengetriebes erreicht. Der prismenförmige mechanische Anschlag zentriert die am vorderen Ende des Biegearms angeordnete Lagerstelle, so daß die Lagerstelle nicht durch aus dem Planetengetriebe resultierende Tangentialkräfte noch zusätzlich verschoben wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Biegearm tangential zum Planetenträger ausgerichtet. Damit befindet sich der Biegearm selbst auf der Wirklinie der Tangentialkräfte, so daß die Tangentialkräfte im Biegearm nur Zug- und Druckkräfte erzeugen, während die Radialkräfte am Biegearm dagegen nur Biegekräfte aufbringen. Hierdurch erfährt die Lagerstelle am vorderen Ende des Biegearms bei der Auslenkung des Biegearms keinen tangentialen Weg, und die Lagerstelle ist tangential sehr steif am Planetenträger angebunden. Die zuvor beschriebene Zentrierabschmimmung am Planetenträger könnte damit entfallen oder verstärkt deren Wirkung.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist jeder der beiden Eingangswellen und der Ausgangswelle ein die Drehwinkel und/oder die Drehwinkelgeschwindigkeit erfassender Sensor zugeordnet, dessen Ausgangssignale einer den Elektromotor steuernden Regelung zugeführt sind. Dadurch ergibt sich in Hinblick auf puncto Sicherheit die Möglichkeit der Summenwinkelüberwachung, da die Summe aller drei, von den Sensoren erfaßten Drehwinkel Null betragen muß. Fällt ein Sensor aus, kann die Funktion dieses Sensors von den beiden anderen übernommen werden, da sich der Drehwinkel einer beliebigen Welle aus den Drehwinkeln der beiden übrigen Wellen errechnen läßt.

Insgesamt ergibt die Summe der Weiterbildungen und Verbesserungen der Erfindung ein technisch optimiertes, marktfähiges Stellglied zum überlagerten Lenkeingriff.

#### Zeichnung

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** einen Längsschnitt eines Stellglieds zum überlagerten Lenkeingriff in einer Fahrzeug-Lenkvorrichtung,

**Fig. 2** eine Prinzipskizze eines Überlagerungsgetriebes im Stellglied gemäß **Fig. 1**,

**Fig. 3** eine Prinzipskizze des Überlagerungsgetriebes gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

**Fig. 4** eine vergrößerte Ansicht eines Stufenplaneten im Überlagerungsgetriebe gemäß **Fig. 1**,

**Fig. 5** eine Draufsicht der Ebene IV-IV eines Planetenträgers im Überlagerungsgetriebe gemäß **Fig. 1**,

**Fig. 6** eine gleiche Darstellung wie in **Fig. 5** gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel des Planetenträgers.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Das in **Fig. 1** dargestellte Stellglied zum überlagerten Lenkeingriff in einer Fahrzeug-Lenkvorrichtung stellt eine typische Ausführungsform für den Einbau in der Lenksäule des Fahrzeugs dar und ist mit einem Stellergehäuse **11** über den in **Fig. 1** schematisch angedeuteten Lenksäulenträger **10** fest mit der Karosserie verbunden. Das Stellglied weist in einem Stellergehäuse **11** aufgenommenes Überlagerungsgetriebe **12** mit zwei Eingangswellen **13**, **14** und einer Ausgangswelle **15** auf, bei dem das Übersetzungsverhältnis zwischen einer Änderung des Drehwinkels der ersten Eingangswelle **13** und der Änderung des Drehwinkels an der mit der ersten Eingangswelle **13** koaxialen Ausgangswelle **15** durch einen mit der zweiten Eingangswelle gekoppelten Elektromotor **20** in Abhängigkeit von vorgegebenen Parametern, z. B. der Drehgeschwindigkeit der ersten Eingangswelle **13**, veränderbar ist. Die erste Eingangswelle **13** ist am Wellenende mit einer Außenkernverzahnung **16** versehen, in die eine an einem Mantelrohr **18** ausgebildete Innenkernverzahnung **17** eingreift. Das Mantelrohr **18** steht in direkter Verbindung mit dem hier nicht dargestellten Handlenkrad. Eine Verschiebenabe **19** erlaubt eine axiale Verschiebung des Handlenkrads und überträgt das Handmoment spielfrei auf die erste Eingangswelle **13**. Sie ermöglicht eine Längseinstellbarkeit des Handlenkrads und erlaubt das Wegtauchen des Handlenkrads im Crashfall. Die zweite Eingangswelle **14** ist die Antriebswelle des Elektromotors **20**. Jeder Eingangswelle **13**, **14** und der Ausgangswelle **15** ist ein den Drehwinkel und/oder die Drehwinkelgeschwindigkeit der Welle erfassender Sensor **21**, **22**, **23** zugeordnet. Die Meßsignale der Sensoren **21**–**23** werden an eine Regelungsvorrichtung **24** weitergeleitet, die den Elektromotor **20** steuert. Weitere Meßgrößen, wie Fahrgeschwindigkeit, Gierrate u. dgl., werden ebenfalls in der Regelungsvorrichtung **24** ausgewertet.

Das Überlagerungsgetriebe **12** weist ein zweistufiges, modifiziertes Planetengetriebe **25** mit einem Übersetzungsverhältnis vom Planetenträger **30** zur Ausgangswelle sowie ein selbsthemmendes Schneckengetriebe **26** auf, über das das Planetengetriebe **25** von dem Elektromotor **20** angetrieben wird. Selbsthemmung bedeutet, daß nur der Elektromotor **20** das Planetengetriebe **25** antreiben kann und nicht umgekehrt. Das Übersetzungsverhältnis liegt zwischen 2 bis 8 und ist im Ausführungsbeispiel mit ca. 4 gewählt. Das Schneckengetriebe **26** besteht aus einer Schnecke **27** aus Kunststoff, die entweder direkt auf die zweite Eingangswelle **13** oder auf eine Metallhülse **29** gespritzt ist, die ihrerseits auf die zweite Eingangswelle **14** gepreßt ist. Das Durchmesserverhältnis von Schnecke **27** zu Schneckenrad **28** ist ca. 1 und das Übersetzungsverhältnis des Schneckengetriebes **26** größer ca. 10 gewählt. Das Schneckenrad **28** sitzt auf einem Planetenträger **30** des noch zu beschreibenden Planetengetriebes **25** und bildet mit diesem eine Baueinheit. Dabei sind Schneckenrad **28** und Planetenträger **30** als ein Spritzgussteil aus einem Werkstoff, z. B. Aluminium oder Kunststoff, gefertigt. Kunststoff hat den Vorteil, daß das Schneckenrad **28** mit dem Spritzprozeß fertiggestellt ist, preisgünstig ist und geräuschkämpfende Eigenschaften aufweist. Alternativ kann der Planetenträger **30** z. B. aus Aluminium und das Schneckenrad **28** aus Kunststoff gefertigt sein. Neben den bereits genannten Vorteilen ergibt sich dadurch eine höhere Festigkeit, eine höhere Elastizität und eine geringere Wärmeausdehnung des Planetenträgers **30** gegenüber einem Kunststoff-Planetenträger.

Das zweistufige Planetengetriebe **25** weist neben dem Planetenträger **30** drei im Planetenträger **30** drehend gelagerte Stufenplaneten **31**, die auf einem zur Achse des Planetenträgers **30** koaxialen Teilerkreis um gleiche Drehwinkel

zueinander versetzt sind, sowie zwei Sonnenräder **32**, **33** auf. Jeder Stufenplanet **31** besteht aus einem Planetenrad **311** und einem Planetenrad **312**, die drehfest miteinander verbunden sind. Die Planetenräder **311** und **312** weisen unterschiedliche Durchmesser und damit unterschiedliche Zähnezahlen auf. Jeder Stufenplanet **31** sitzt gleitgelagert auf einer Achse **34** innerhalb eines Topfteils **301** des Planetenträgers **30**, das mit einer Deckelplatte **35** verschlossen ist. Die Achsen **34** sind mit ihren Achsenden jeweils in einer im Topfboden **301a** des Topfteils **301** ausgebildeten Lagerstelle **35** und in einer in der Deckelplatte **35** ausgebildeten Lagerstelle **37** drehfest aufgenommen. Vom Topfteil **301** setzt sich ein einstückiges Hülsenstück **302** des Planetenträgers **30** fort, das über ein Gleitlager **38** auf der Ausgangswelle **15** drehgelagert ist und das bereits erwähnte Schneckenrad **28** des Schneckengetriebes **26** trägt. Zur Reduzierung eines unerwünschten Reibmoments bei Durchtrieb von der ersten Eingangswelle **13**, **15** und umgekehrt wird das Gleitlager **38** durch ein hier nicht dargestelltes Nadellager ersetzt oder ergänzt. Die Planetenräder **311** der Stufenplaneten **31** kämmen mit dem Sonnenrad **32** und die Planetenräder **312** kämmen mit dem Sonnenrad **33**. Die Sonnenräder **32** und **33** sind direkt auf die erste Eingangswelle **13** bzw. die Ausgangswelle **15** gefräst.

Um Spielfreiheit zwischen der ersten Eingangswelle **13** und der Ausgangswelle **15** des Überlagerungsgetriebes **12** herzustellen, sind im Planetengetriebe **25** Mittel zur Unterdrückung eines zwischen den Stufenplaneten **31** und den beiden Sonnenrädern **32**, **33** vorhandenen Zahnflankenspiels vorgesehen. Diese Mittel umfassen eine radial federnde Lagerung mindestens eines der Stufenplaneten **31** im Planetenträger **30**, was durch eine radial federnde Ausbildung der Lagerstellen **36** und **37** dieses Stufenplaneten **31** im Planetenträger **30** bewirkt wird. In Fig. 5 ist die federnde Ausbildung der Lagerstelle **36** für den einen Stufenplaneten **31** in der Deckelplatte **35** des Planetenträgers **35** vergrößert dargestellt. Die federnde Lagerstelle **36** ist als Bohrung **39** auf einem Biegearm **40** ausgebildet, der an der Deckelplatte **35** federelastisch festgelegt ist. Der Biegearm **40** ist dabei so ausgebildet, daß er bei montiertem Planetengetriebe **25** eine zu den kämmenden Sonnenrädern **32**, **33** hin gerichtete, annähernd radiale Spannkraft erzeugt. Diese Spannkraft wird dadurch hergestellt, daß der Biegearm **40** beim Montieren der Stufenplaneten **31** in Gegenrichtung weg von den kämmenden Sonnenrädern **32**, **33** gedrückt wird. Der Biegearm **40** ist bogenförmig mit einer zur Achse des Planetenträgers **30** konzentrisch verlaufenden, inneren Begrenzungskante **401** ausgebildet, und zwar dadurch, daß er aus der Deckelplatte **35** in der Weise freigeschnitten ist, daß das eine Armiende einstückig mit der Deckelplatte **35** verbunden bleibt und das andere Armiende bogenförmig abgerundet ist. In diesem bogenförmig abgerundeten Armiende ist die Lagerstelle **36** als Bohrung **39** aufgenommen. Bei Überlast legt sich der Biegearm **40** an einem an der Deckelplatte **35** ausgebildeten Anschlag **41** an. Dieser Anschlag **41** ist von dem vorderen Teil der Freischnittkante **351** der Deckelplatte **35** gebildet, die im Spaltabstand von dem Biegearm **40** verläuft. Wird der Biegearm **40** bei Überlast nach außen gedrückt, bewegt sich die Lagerstelle **36** entlang einer Kurve **61**, bis sie an dem mechanischen Anschlag **41** zur Anlage kommt. Außer der der Federkraft **65** des Biegearms **40** entgegengerichteten Radialkraft **62** resultiert aus dem Planetengetriebe **25** auch noch die Tangentialkraft **63**. Diese Kraft hat das Bestreben, die Lagerstelle **36** mit Biegearm **40** tangential zu verschieben, was für das Planetengetriebe **25** wenig vorteilhaft ist. Wie in Fig. 5 zu sehen ist, weist daher der Anschlag **41** eine prismenförmige Zentrierausnehmung **64** mit zwei schrägen Seitenflanken **641** und **642** auf. Kommt das vordere bogen-

förmige Armiende des Biegearms **40** mit der Lagerstelle **36** zur Anlage an dem mechanischen Anschlag **41**, so wird die Lagerstelle über die beiden Seitenflanken **641**, **642** der Zentrierausnehmung **64** festgelegt. Die Lagerstelle **36** ist damit radial und tangential fixiert und somit die Endlage des Stufenplaneten **31** im Planetengetriebe **25** definiert. Die einwandfreie Funktion des Planetengetriebes **25** ist damit unter allen Lastfällen sichergestellt.

In gleicher Weise wie zu der Lagerstelle **36** beschrieben, ist die Lagerstelle **37** der Achse **34** des Stufenplaneten **31** im Topfboden **301a** des Topfteils **301** des Planetenträgers **30** ausgebildet. Insofern gilt die vorstehende Beschreibung in identischer Weise, wobei lediglich anstelle der Lagerstelle **36** die Lagerstelle **37** und anstelle der Deckelplatte **35** der Topfboden **301a** gesetzt werden muß.

Fig. 6 zeigt eine modifizierte Ausführung des Biegearms **66** zur radial federnden Lagerung der Lagerstelle **36** bzw. **37**. Wie in Fig. 5 greift auch hier die Radialkraft **62** und die Tangentialkraft **63** an der Lagerstelle **36** an. Der Biegearm **66** ist geradlinig ausgeführt und tangential zum Planetenträger **30** ausgerichtet. Er liegt damit auf der Wirklinie der Tangentialkräfte **63**, wodurch die Tangentialkräfte **63** im Biegearm **66** nur Zug- und Druckkräfte, die Radialkraft **62** hingegen, der die Federkraft **65** des Biegearms **66** entgegenwirkt, ausschließlich eine Biegearmbeanspruchung um die Anbindung des Biegearms **66** an dem Planetenträger **30** erzeugt. Die Lagerstelle **36** bewegt sich federnd entlang der Kurve **61** im Bereich des möglichen Federwegs radial nach außen. Im Gegensatz zum Biegearm **40** in Fig. 5 macht der Biegearm **66** keinen tangentialen Weg.

Ebenso wie das Planetengetriebe **25** ist auch das Schneckengetriebe **26** spielfrei ausgebildet. Hierzu ist ein zweites, schmales Schneckenrad **42** über eine Ringfeder **43** mit dem ersten Schneckenrad **28** gekoppelt. Die Ringfeder **43** sorgt für tangentialen Spielausgleich, indem sie mit Federkraft jeweils eine Zahnflanke der Schneckenräder **28** und **42** beidseitig an die Zahnflanken der Schnecke **27** anlegt.

Die erste Eingangswelle **13** und die Ausgangswelle **15** sind jeweils über ein Kugellager **44** bzw. **45** im Stellergehäuse **11** gelagert. Zusätzlich ragt die Ausgangswelle **15** mit einem an ihrem einen Stirnende vorstehenden Lagerzapfen **151** in eine sacklochartige, koaxiale Ausnehmung **46** in der ersten Eingangswelle **13** hinein, und die Ausgangswelle **15** stützt sich mit ihrem Lagerzapfen **151** über zwei Nadellager **47**, **48** in der Ausnehmung **46** auf der ersten Eingangswelle **13** ab. Das Nadellager **47** liegt dabei unmittelbar innerhalb des vom Kugellager **44** umschlossenen Ringbereichs. Über diese Nadellager **47**, **48** werden Querkkräfte bzw. Biegemomente, die über das Mantelrohr **18** in die erste Eingangswelle **13** eingeleitet werden, abgestützt. Ist die Einleitung einer Querkraft oder eines Biegemoments konstruktionsbedingt ausgeschlossen, kann das Nadellager **48** entfallen.

Zwischen der ersten Eingangswelle **13** und der damit koaxialen Ausgangswelle **15** ist ein axialer Spielausgleich vorgesehen. Hierzu ist zwischen der ersten Eingangswelle **13** und der Ausgangswelle **15**, bzw. dem Lagerzapfen **151** der Ausgangswelle **15**, ein als Gleitlager ausgebildetes Axiallager **50** angeordnet. Das Axiallager **50** umfaßt eine Kugel **51**, die in einer stirnseitigen Vertiefung **52** in der Stirnseite des Lagerzapfens **151** der Ausgangswelle **15** aufgenommen ist, und eine Scheibe **53**, die im Grunde der Ausnehmung **46** in der ersten Eingangswelle **13** eingelegt ist. Die Scheibe **53** ist axial verschieblich in der Ausnehmung **46** aufgenommen und liegt an der Stirnseite eines Gewindestiftes **54** an, der in einer Innengewindebohrung **55** in der ersten Eingangswelle **13** verschraubt ist. Wird der Gewindestift **54** zugestellt, so verringert sich das Axialspiel zwischen der ersten Eingangswelle **13** und der Ausgangswelle **15**, und die Kugel **51** liegt

punktförmig an der Scheibe 53 an. Ist die Spielfreiheit erreicht, wird dieser Zustand mit Hilfe einer Sicherungsschraube 56, die ebenfalls in der Innengewindebohrung 55 verschraubbar ist, gesichert. Gewindestift 54 und Sicherungsschraube 56 sind von dem freien Ende der hohl ausgebildeten ersten Eingangswelle 13 aus zugänglich.

In Fig. 2 ist zur Verdeutlichung des radialen Spielausgleichs in dem beschriebenen Planetengetriebe 25 das Überlagerungsgetriebe 12 noch einmal schematisiert dargestellt. In Übereinstimmung mit Fig. 1 ist die erste Eingangswelle mit 13, die zweite Eingangswelle mit 14 und die Ausgangswelle mit 15 bezeichnet. Das Sonnenrad 32 sitzt drehfest auf der ersten Eingangswelle 13 und das Sonnenrad 33 drehfest auf der Ausgangswelle 15. Das Schneckenrad 28 des Schneckengetriebes 26 ist drehfest mit dem Planetenträger 30 verbunden, der drehbar im Stellergehäuse 11 gelagert ist, im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 sich drehbar auf der Ausgangswelle 15 über ein Nadellager und auf der Eingangswelle 13 abstützt. Das Sonnenrad 32 kämmt mit dem Planetenrad 311 des Stufenplaneten 31, und das Sonnenrad 33 kämmt mit dem Planetenrad 312 des Stufenplaneten 31, wobei die Planetenräder 311, 312 drehfest miteinander verbunden sind und – wie bereits beschrieben – über ein Gleitlager drehend auf einer Achse 34 aufgenommen sind. Die in Fig. 2 dargestellte Achse 34 des einen Stufenplaneten 31 ist radial federnd im Planetenträger 30 gelagert. Hierzu sind die Lagerstellen 36, 37, die die beiden Achsenden der Achse 34 aufnehmen, radial federnd im Planetenträger 30 angebunden, was durch die Zugfedern 57 in Figur. 2 symbolisiert ist. Die Zugfedern 57 erzeugen eine zu den Sonnenrädern 32, 33 hin gerichtete radiale Spannkraft. Die die radiale Auslenkung nach außen bei Überlast begrenzenden mechanischen Anschläge, die in dem Planetenträger 30 integriert sind, sind in Fig. 2 ebenfalls mit 41 bezeichnet.

Wie in Fig. 3 dargestellt ist, kann dieses zweistufige Planetengetriebe 25 alternativ auch dadurch realisiert werden, daß anstelle der zwei Sonnenräder 32, 33 zwei Hohlräder 58, 59 mit den Stufenplaneten 31 kämmen, wobei das Hohlrad 58 dem Planetenrad 311 und das Hohlrad 59 dem Planetenrad 312 zugeordnet ist. Das Hohlrad 58 ist drehfest mit der ersten Eingangswelle 13 und das Hohlrad 59 ist drehfest mit der Ausgangswelle 15 verbunden. Zum radialen Spielausgleich ist wiederum ein Stufenplanet 31 radial federnd gelagert, und zwar derart, daß die Radialkraft nach außen wirkt und die Planetenräder 311, 312 in die zugeordneten Hohlräder 58, 59 kraftschlüssig einschleibt. Hierzu sind wiederum die Lagerstellen 36, 37, der den Stufenplanet 31 drehbeweglich aufnehmenden Achse 34 radial verschieblich im Planetenträger 30 gelagert, wobei die Radialkraft nach außen wirkt und in Fig. 3 durch Druckfedern 60, 61 symbolisiert ist. Dieses Planetengetriebe 25 hat ebenfalls radiale Spielfreiheit, doch ist es insoweit nachteilig gegenüber dem Planetengetriebe in Fig. 1 und 2 als durch die Hohlräder 58, 59 der Durchmesser des Stellglieds zunimmt und zudem die teuren metallischen Hohlräder 58, 59 die Fertigungskosten erhöhen.

Zur Erzielung einer großen Geräuscharmut des Überlagerungsgetriebes sind die Zähne der Planetenräder 311 und 312 der Stufenplaneten 31 und der mit diesen in jeder Getriebestufe kämmenden Sonnenräder 32, 33 bzw. Hohlräder 58, 59 geschrägt, wobei die Schrägungswinkel der Zähne in den beiden Getriebestufen so aufeinander abgestimmt sind, daß die von den Sonnenrädern 32, 33 bzw. Hohlrädern 58, 59 eingeleiteten Tangentialkräfte axiale Kraftkomponenten erzeugen, die sich gegenseitig kompensieren. Dieser Schrägverzahnung mit Axialkraft-Kompensation ist in Fig. 4 für einen Stufenplaneten 31 dargestellt, der – wie beschrieben – auf der im Planetenträger 30 gehaltenen Achse 34

gleitgelagert ist. Die Achse 34 ist mit ihren Enden in der Lagerstelle 36 in der Deckplatte 35 und in der Lagerstelle 37 im Topfboden 301a des Topfteils 301 des Planetenträgers 30 aufgenommen. Mit 67 ist ein Zahn des Planetenrads 311 und mit 68 ein Zahn des Planetenrads 312 bezeichnet.  $F_{t1}$  und  $F_{t2}$  sind Tangentialkräfte, die jeweils von den in Fig. 4 nicht dargestellten Sonnenrädern 32, 33 eingeleitet werden. Die daraus resultierenden Axialkräfte sind  $F_{a1}$  und  $F_{a2}$ . Die Teilkreise  $d_1$  und  $d_2$  des Stufenplaneten 31 sind aufgrund der gewählten Planetengetriebeübersetzung vorgegeben. Die Schrägungswinkel  $\beta_1$  und  $\beta_2$  sind nunmehr so gewählt, daß die Summe der Axialkräfte  $F_{a1}$  und  $F_{a2}$  Null ist. Bei gleicher Steigungsrichtung der Zähne 67 und 68 gilt die Beziehung

$$F_{t1} \cdot \tan\beta_1 + F_{t2} \cdot \tan\beta_2 = 0.$$

Wird ein Schrägungswinkel  $\beta_1$  oder  $\beta_2$  vorgegeben, so läßt sich aus dieser Beziehung der zweite Schrägungswinkel  $\beta_2$  bzw.  $\beta_1$  berechnen. Die Teilkreise  $d_1$  und  $d_2$  und damit die Zahnzahl der Planetenräder 311 und 312 sind so gewählt, daß eine Übersetzung von der ersten Eingangswelle 13 zur Ausgangswelle 15 vorzugsweise ins Langsame erfolgt. Eine umgekehrte Übersetzung ist möglich, wenn diese auch Nachteile mit sich bringt.

#### Patentsprüche

1. Stellglied zum überlagerten Lenkeingriff in einer Fahrzeug-Lenkvorrichtung, mit einem zwei Eingangswellen (13, 14) und eine Ausgangswelle (15) aufweisenden Überlagerungsgetriebe (12), bei dem das Übertragungsverhältnis zwischen einer Änderung des Drehwinkels an der ersten Eingangswelle (13) und der Änderung des Drehwinkels an der mit der ersten Eingangswelle (13) koaxialen Ausgangswelle (15) durch einen mit der zweiten Eingangswelle (14) gekoppelten Elektromotor (20) in Abhängigkeit von vorgegebenen Parametern, z. B. Drehgeschwindigkeit der ersten Eingangswelle (13), veränderbar ist, wobei das Überlagerungsgetriebe (12) ein zweistufiges, modifiziertes Planetengetriebe (25) mit einem Planetenträger (30), mit mindestens einem, vorzugsweise mindestens drei, Stufenplaneten (31), der aus zwei axial fluchtenden, drehfest miteinander verbundenen Planetenrädern (311, 312) besteht und drehbar am Planetenträger (30) gehalten ist, und mit zwei Sonnenrädern (32, 33) aufweist, jeweils das eine Planetenrad (311) des mindestens einen Stufenplaneten (31) mit dem einen Sonnenrad (32) und das andere Planetenrad (312) des Stufenplaneten (31) mit dem anderen Sonnenrad (33) kämmt, die erste Eingangswelle (13) mit dem einen und die Ausgangswelle (15) mit dem anderen Sonnenrad (32, 33) jeweils drehfest verbunden ist und der Planetenträger (30) über die zweite Eingangswelle (15) antreibbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zähne (67, 68) der Planetenräder (311, 312) der Stufenplaneten (31) und der mit diesen in jeder Getriebestufe kämmenden Sonnenräder (22, 23) geschrägt und die Schrägungswinkel ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ) der Zähne (67, 68) in den beiden Getriebestufen so aufeinander abgestimmt sind, daß die von den Sonnenrädern (32, 33) in die Planetenräder (311, 312) eingeleiteten Tangentialkräfte ( $F_{t1}$ ,  $F_{t2}$ ) axiale Kraftkomponenten ( $F_{a1}$ ,  $F_{a2}$ ) erzeugen, die sich gegenseitig kompensieren.
2. Stellglied nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schrägungswinkel ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ) der beiden Getriebestufen gleiche Steigungsrichtung aufweisen und der Schrägungswinkel ( $\beta_1$  bzw.  $\beta_2$ ) der einen Getriebestufe festgelegt und der Schrägungswinkel ( $\beta_2$ ,  $\beta_1$ ) der

anderen Getriebestufe aus der Beziehung

$$F_{t1} \cdot \tan\beta_1 + F_{t2} \cdot \tan\beta_2 = 0$$

berechnet wird, wobei  $F_{t1}$ ,  $F_{t2}$  die in die beiden Planetenräder (311, 312) eingeleiteten Tangentialkräfte und  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  die Schrägungswinkel in den beiden Getriebestufen sind.

3. Stellglied nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zähnezahl der Planetenräder (311, 312) so festgelegt ist, daß eine Übersetzung von der ersten Eingangswelle (13) zur Ausgangswelle (15) vorzugsweise ins Langsame erfolgt.

4. Stellglied nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen zweiter Eingangswelle (14) und Planetenträger (30) ein selbsthemmendes Schneckengetriebe (26) mit einer drehfest mit der zweiten Eingangswelle (14) verbundenen Schnecke (27) und einem drehfest mit dem Planetenträger (30) verbundenen Schneckenrad (28) angeordnet ist und daß das Durchmesser Verhältnis von Schnecke (26) und Schneckenrad (28) ungefähr 1 und das Übersetzungsverhältnis des Schneckengetriebes (26) größer als ca. 10 sowie das Übersetzungsverhältnis des Planetengetriebes (25) vom Planetenträger (30) zur Ausgangswelle (15) ca. 4 gewählt ist.

5. Stellglied nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Planetenträger (30) über ein Nadellager auf der Ausgangswelle (15) gelagert ist.

6. Stellglied nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangswelle (15) sich an der koaxialen ersten Eingangswelle (13) über ein vorzugsweise als Gleitlager ausgebildetes Axiallager (50) abstützt.

7. Stellglied nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Axiallager (50) eine in der Stirnseite einer Welle (13, 15) aufgenommene Kugel (51) und eine an der Stirnseite der anderen Welle (15, 13) angeordnete, punktförmig an der Kugel (51) anliegende Scheibe (53) aufweist.

8. Stellglied nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangswelle (15) mit einem stirnseitig vorstehenden Lagerzapfen (151) in eine koaxiale, sacklochartige Ausnehmung (46) in der ersten Eingangswelle (13) hineinragt, daß die Kugel (51) in einer im Lagerzapfen (151) der Ausgangswelle (15) ausgebildeten Vertiefung (52) und die Scheibe (53) axial verschieblich in der Ausnehmung (46) der ersten Eingangswelle (13) aufgenommen ist und sich an einem in der Eingangswelle (13) verschraubbaren Gewindestift (54) abstützt und daß der Gewindestift (54) in jeder Verschiebestellung der Scheibe (53) gegen weitere Verschiebung blockierbar ist.

9. Stellglied nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangswelle (15) sich mit ihrem Lagerzapfen (151) über mindestens ein Nadellager (47, 48) im Innern der ersten Eingangswelle (13) abstützt, die ihrerseits über ein Kugellager (44) gehäuseseitig abgestützt ist.

10. Stellglied nach einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, daß der mindestens eine Stufenplanet (31) auf einer Achse (34) gelagert ist, deren beiden Enden in jeweils einer im Planetenträger (30) angeordneten Lagerstelle (36, 37) aufgenommen sind, daß die beiden Lagerstellen (36, 37) der Achse (34) auf dem freien Ende je eines Biegearms (40; 66) angeordnet sind, dessen anderes Ende mit einer auf die mit dem Stufenplaneten (31) kämmenden Sonnenräder (32, 33)

hin gerichteten Vorspannung federelastisch am Planetenträger (30) festgelegt ist, und daß am Planetenträger (30) ein eine von den kämmenden Sonnenrädern (32, 33) weggerichtete Bewegung des Biegearms (40; 66) begrenzender, mechanischer Anschlag (41) angeordnet ist.

11. Stellglied nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Biegearm (40) bogenförmig mit einer zur Achse des Planetenträgers (30) koaxial verlaufenden, inneren Begrenzungskante (401) ausgebildet ist und daß der Anschlag (41) eine ZentrierAusnehmung (64) mit zwei schrägen Seitenflanken (641, 642) aufweist, an denen das abgerundete freie Ende des Biegearms (40) linienförmig anliegt.

12. Stellglied nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Biegearm (66) tangential zum Planetenträger (30) ausgerichtet ist.

13. Stellglied nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens drei Stufenplaneten (31) um gleiche Umfangswinkel zueinander versetzt am Planetenträger (30) angeordnet sind, von denen mindestens einer die radial federnde Lagerung aufweist.

14. Stellglied nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle der beiden Sonnenräder (32, 33) zwei Hohlräder (58, 59) mit Innenverzahnung drehfest mit der Ein- und Ausgangswelle (13, 15) verbunden sind und in gleicher Weise mit den Planetenrädern (311, 312) des mindestens einen Stufenplaneten (31) kämmen.

15. Stellglied nach einem der Ansprüche 1-14, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der beiden Eingangswellen (13, 14) und der Ausgangswelle (15) eine den Drehwinkel oder die Drehwinkelgeschwindigkeit der Welle (13, 14, 15) erfassender Sensor (21, 22, 23) zugeordnet ist, deren Ausgangssignale einer Regelungsvorrichtung (24) für den Elektromotor (20) zugeführt sind.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

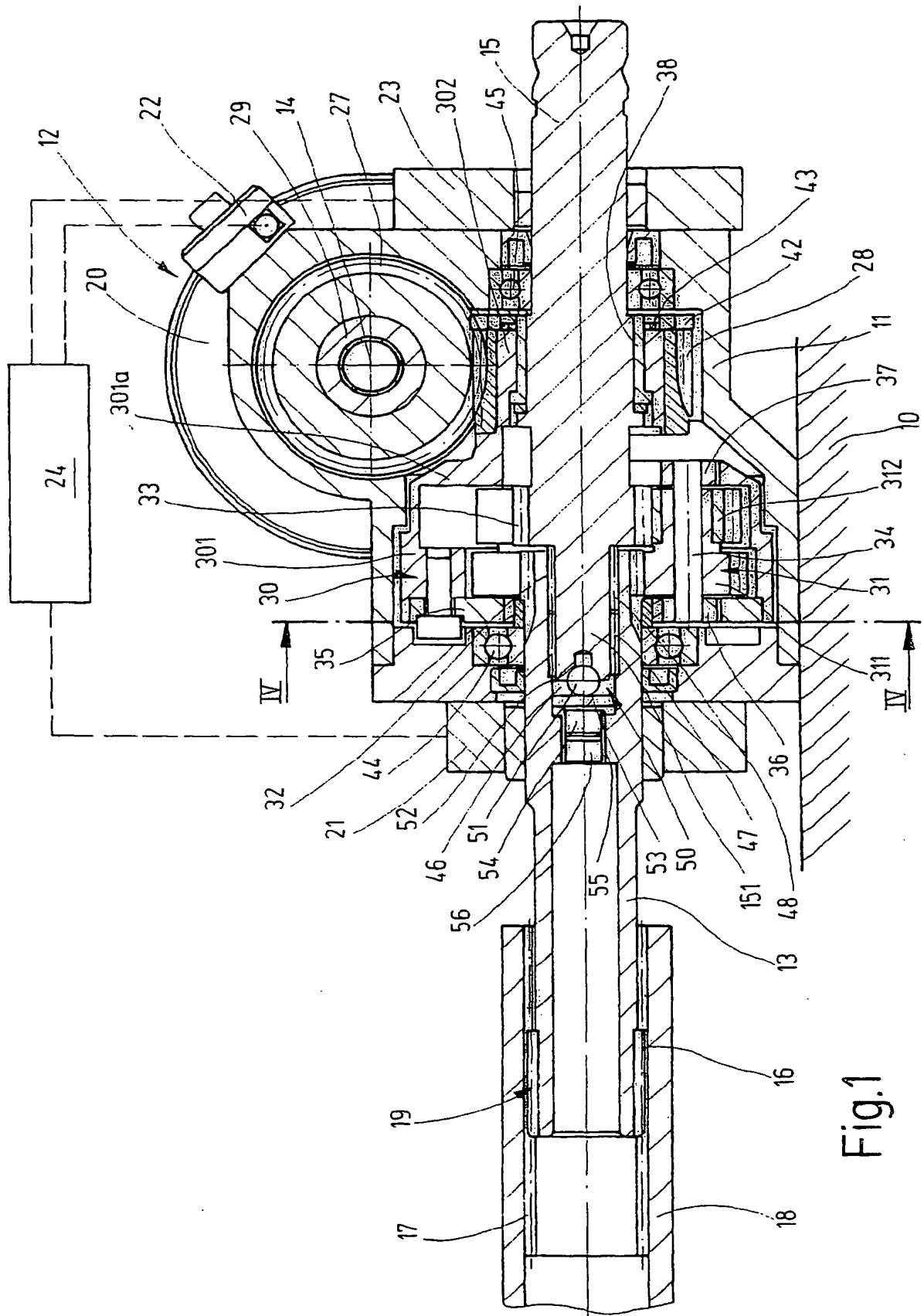
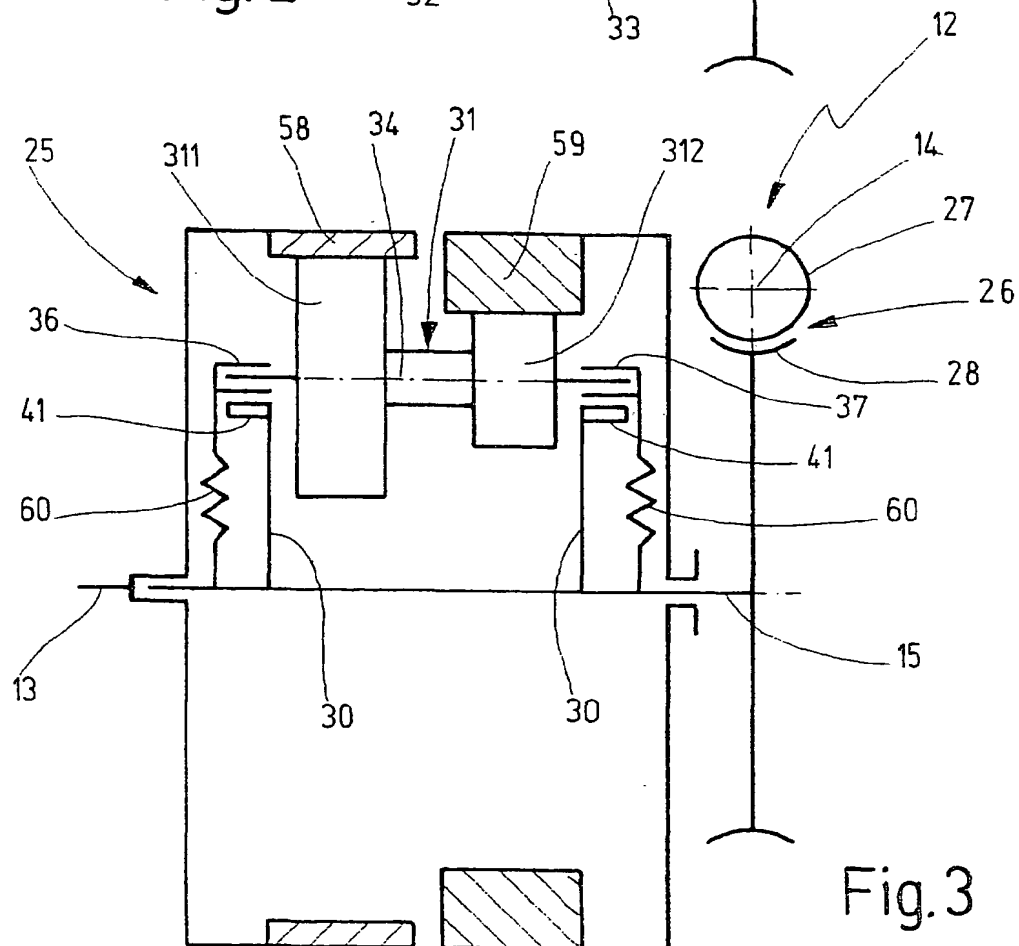
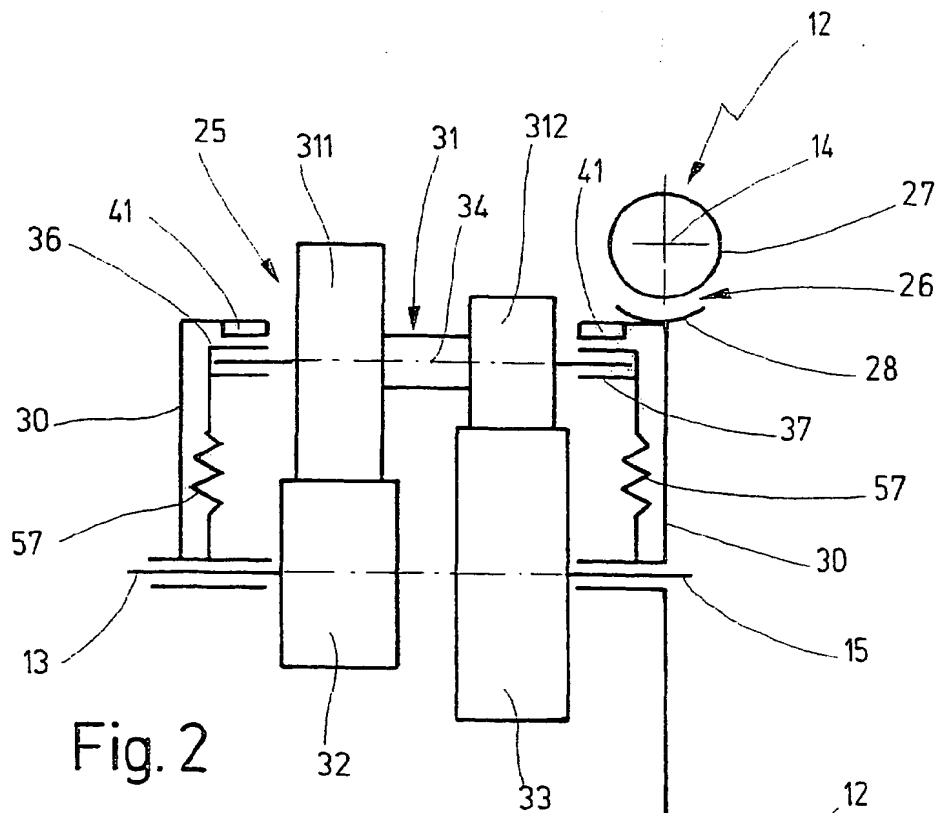


Fig.1

BEST AVAILABLE COPY

102 028/50





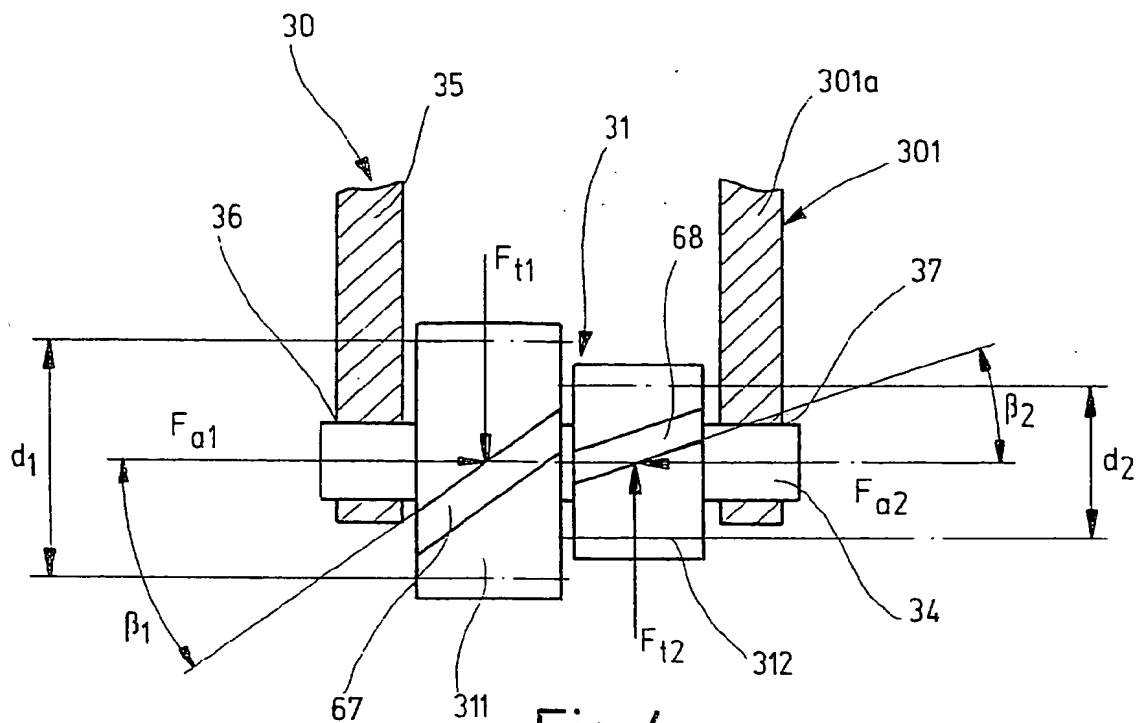


Fig. 4

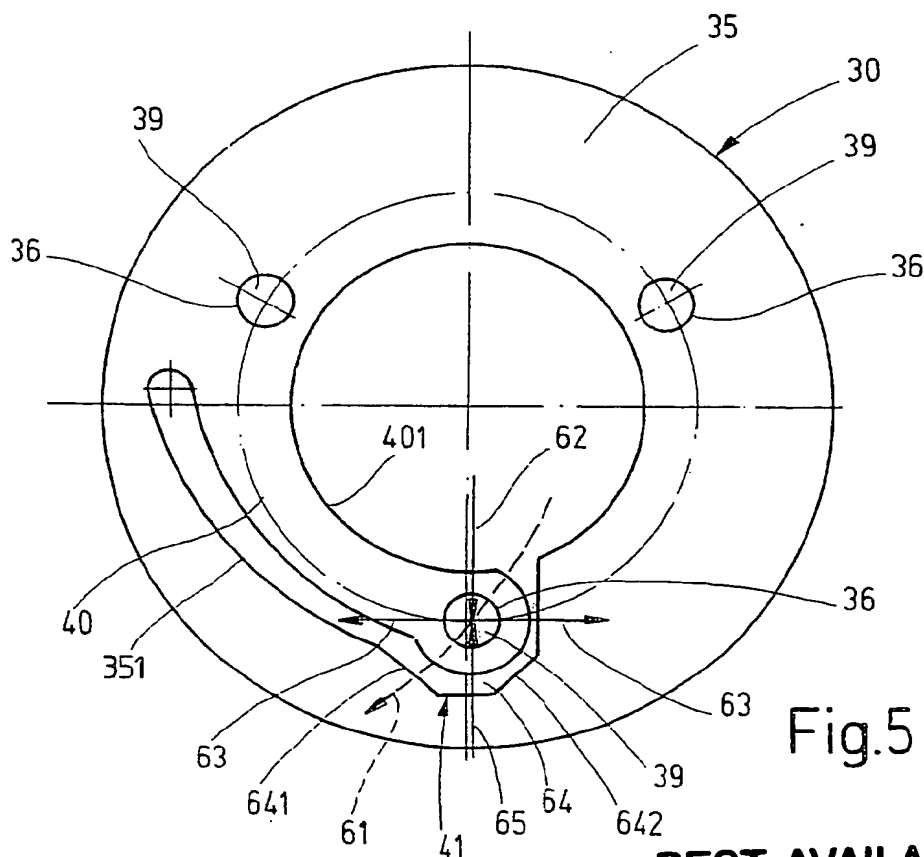


Fig. 5

BEST AVAILABLE COPY

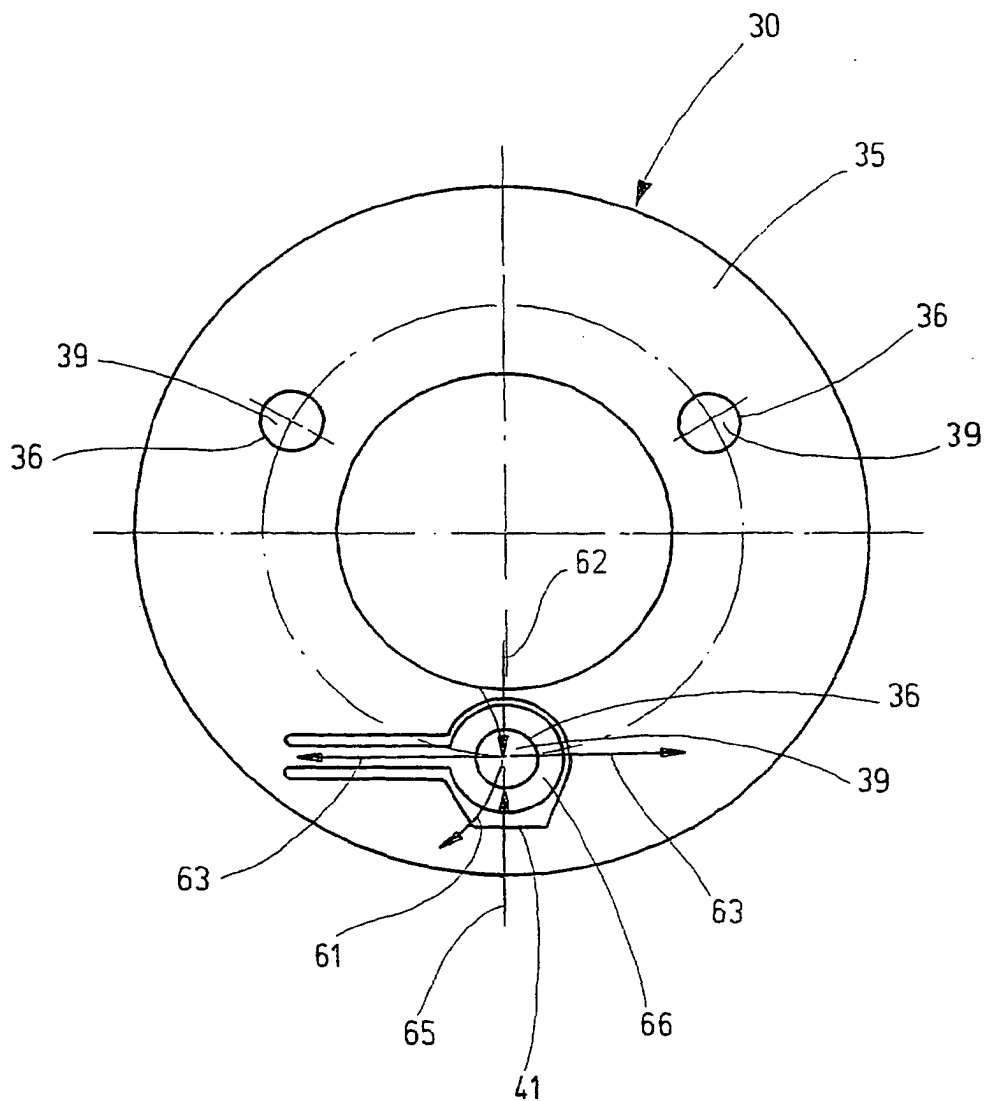


Fig.6